



# Protocol hergebruik prefab betonnen omgekeerde T-liggers

Rapport SGS INTRON B.V.

Status: Eindrapport  
Datum: 4 december 2022  
Documentnummer: A130410/R20220682

WHEN YOU NEED TO BE SURE



## Colofon

Opdrachtgever:

Royal HaskoningDHV  
t.a.v. de heer ir. R.P.H. Vergoossen  
Postbus 8520  
3009 AM ROTTERDAM

Offerte:

Kostenraming per mail

Inkooporder:

BH2830-104-106 SBIR Circulaire viaducten

Email adres:

rob.vergoossen@rhdhv.com

Datum:

10 februari 2022

Datum:

Opdrachtnemer:

SGS INTRON B.V.

Telefoonnummer:

+31 (0)88 21 45 279

Mobiel nummer:

+31 (0)6 53 73 51 60

Contactpersoon:

Michel Boutz

Email adres:

michel.boutz@sgs.com

Auteur:

ir. P. Crucq

Handtekening:



Autorisator:

dr. M.M.R. Boutz

Handtekening:



Datum:

22 juli 2022

4 december 2022

Reden van wijziging:

Eindconcept

Eindversie, na verwerking van feedback  
door Combinatie Liggers 2.0 en RWS

## Disclaimer

Tenzij anders overeengekomen worden de opdrachten uitgevoerd op basis van de meest recente versie van de algemene voorwaarden van SGS INTRON B.V. Op eenvoudig verzoek worden deze voorwaarden opnieuw aan u toegezonden. Uw aandacht wordt gevraagd voor de beperking van aansprakelijkheid en de vergoedings- en bevoegdheidskwesties bepaald door deze voorwaarden. Elke houder van dit document dient te weten dat de informatie vevat in dit document uitsluitend is gebaseerd op de bevindingen van SGS INTRON B.V. op het ogenblik van haar tussenkomst en binnen de grenzen van de eventuele instructies van de opdrachtgever. SGS INTRON B.V. kan enkel aansprakelijk zijn jegens haar opdrachtgever. Dit document stelt de bij een handelstransactie betrokken partijen niet vrij van hun plicht al hun rechten en verplichtingen uit te oefenen voortspruitend uit de bij die transactie betrokken documenten. Elke niet toegestane wijziging, evenals de namaak of vervalsing van de inhoud of het uiterlijk van dit document, is onrechtmatig en overtreders zullen worden vervolgd.  
© SGS INTRON B.V.

## Inhoudsopgave

Colofon.....	2
Voorwoord .....	5
1. Protocol hergebruik prefab omgekeerde T-liggers - Inleiding .....	6
1.1. Scope.....	6
1.2. Partijen.....	7
1.3. Processtappen .....	7
2. Voorbereiden en controle .....	10
2.1. Algemeen.....	10
2.2. Intake / opslag van liggers .....	12
2.3. Materiaalkundig onderzoek.....	14
2.3.1. Algemeen.....	14
2.3.2. Vooronderzoek.....	16
2.3.3. Verificatieonderzoek .....	17
2.4. Werkplan.....	18
3. Inmeten.....	19
4. Bewerking van liggers .....	21
4.1. Aantonen vakbekwaamheid.....	21
4.2. Inkorten .....	22
4.3. Verwijderen druklaag .....	23
4.4. Boren van gaten .....	23
4.5. Opruwen van betonoppervlakken.....	23
4.6. Overige bewerkingen.....	23
5. Afwerken / herstellen van hergebruikte liggers .....	24
5.1. Beton.....	24
5.2. Wapening.....	24
5.3. Beoordeling van herstelplannen .....	25
5.4. Bijwoningen van reparaties door de <keuringsinstantie> .....	25
6. Oplevering .....	25
6.1. Opleverdossier.....	26
6.2. Eindinspectie .....	26
6.3. Verklaring.....	26
6.4. Procedure bij afwijkingen.....	26
7. Kwalificaties van controlerende partijen.....	27
7.1. Constructeur .....	27
7.2. Onderzoekslaboratorium .....	27
7.3. Keuringsinstantie .....	27

Bijlage A. Beoordeling scheurtypes (bron: Criteria 73/07) .....	28
Bijlage B. Aanbevolen maximale scheurwijdtes, cf. Eurocode 2.....	29

## Voorwoord

Het voorliggende document bevat het door SGS INTRON opgestelde protocol waarmee voorgespannen prefab betonnen omgekeerde T-liggers worden beoordeeld, die geoogst zijn uit bestaande kunstwerken, één of meerdere bewerkingsstappen hebben ondergaan en na een keuring op basis van dit protocol met een kwaliteitsverklaring van SGS-INTRON kunnen worden vrijgegeven voor hergebruik in nieuwe kunstwerken.

*N.b. Prefab omgekeerde T-liggers worden ook wel aangeduid als railbalken. In dit protocol wordt consequent de term “omgekeerde T-liggers” toegepast.*

Het doel is om hergebruik van prefab betonnen omgekeerde T-liggers mogelijk maken, waarbij de constructieve veiligheid en duurzaamheid worden gewaarborgd.

De voorliggende versie van het protocol is de eerste versie van dit document. In toekomstige versies zullen aanpassingen en/of toevoegingen worden verwerkt op basis van inzichten die worden verkregen bij het toepassen van dit protocol in de praktijk. Daarnaast kan het protocol in de toekomst worden uitgebreid om invulling te geven aan aanvullende wensen (zoals het opnemen van andere liggertypes, het opnemen van aanvullende bewerkingen, etc).

## 1. Protocol hergebruik prefab omgekeerde T-liggers - Inleiding

### 1.1. Scope

Het voorliggende protocol is van toepassing op projecten waarbij voorgespannen prefab betonnen omgekeerde T-liggers worden verwijderd ('geoogst') uit bestaande kunstwerken en zodanig worden bewerkt dat deze hernieuwd kunnen worden toegepast als liggers in nieuwe kunstwerken in de infrastructuur.

Dit protocol heeft uitsluitend betrekking op hergebruik van omgekeerde T-liggers. Andere liggertypes, waaronder kokerbalkliggers en volstortliggers vallen buiten de scope van de voorliggende versie van dit protocol. In de rest van dit protocol zal de term 'ligger' worden gebruikt als afkorting voor 'omgekeerde T-ligger, ook wel railbalk genoemd. In kunstwerken worden de liggers toegepast in combinatie met een druklaag. Het protocol richt zich op liggers waarvan de druklaag wordt verwijderd en waar bij hergebruik een nieuwe druklaag wordt aangebracht. Brugdekken met deze liggers worden normaliter uitgevoerd met (eind)dwarsdragers. Het protocol richt zich op liggers waar deze (eind)dwarsdrager wordt verwijderd..

Het protocol beperkt zich tot alle werkzaamheden, die plaats vinden vanaf het moment dat de liggers op een locatie ('tasveld') zijn aangekomen waar ze -na verwijdering uit het oorspronkelijke kunstwerk - worden opgeslagen tot aan het moment dat ze worden opgeleverd en ze gereed zijn voor transport naar het nieuw te bouwen kunstwerk.

Buiten de scope van dit protocol vallen:

- Alle werkzaamheden die voorafgaand aan de opslag plaatsvinden: het losmaken / verwijderen uit het oorspronkelijke kunstwerk, hijswerkzaamheden en transport naar de opslaglocatie.
- Alle werkzaamheden die plaats vinden na oplevering: hijsen en transport naar het nieuwe kunstwerk, plaatsen en monteren van de liggers en betonwerk op de nieuwe locatie (waaronder het aanbrengen van een nieuwe druklaag en het eventueel verbinden met einddwarsdragers).
- (Controle van) constructieve berekeningen van overspanningen, waarin de hergebruikte liggers zullen worden toegepast.
- Aspecten die betrekking hebben op arbeidsomstandigheden en persoonlijke veiligheid.
- Het beoordelen van de kwaliteitssystemen van betrokken partijen.

Bij de beoordeling van de werkplannen en de kwalificaties zullen in voorkomende gevallen wel de bestaande kwaliteitssystemen van betrokken partijen worden betrokken. Daarnaast zal buiten het protocol in voorkomende gevallen melding worden gemaakt als de arbeidsomstandigheden of de veiligheid in het geding zijn.

Bij het opstellen van dit protocol is aangenomen dat per kunstwerk waarin liggers worden hergebruikt, deze liggers afkomstig zijn van één donorviaduct. Wanneer bij een kunstwerk meerdere liggervarianten van verschillende herkomst worden toegepast, dan dient per variant de geschiktheid voor hergebruik te worden vastgesteld, van zowel het constructief ontwerp als de materiaalkundige eigenschappen

In dit protocol wordt geen rekening gehouden met toepassingen van hergebruikte liggers waarvoor aanvullende eisen gelden, volgend uit gecombineerde functionaliteiten, zoals inpassing in gebouwen of bouwwerken.

## 1.2. Partijen

De volgende partijen zijn betrokken bij het verwerken van de liggers voor hergebruik en/of het beoordelen van deze constructiedelen:

- Producent
- Constructeur
- Partijen die specifieke bewerkingen uitvoeren aan de liggers (modificeerders):
  - o boorbedrijf
  - o sloopbedrijf
  - o zaagbedrijf
  - o betonreparatiebedrijf
- Keuringsinstantie
- Onderzoekslaboratorium

*Noot: In voorkomende gevallen kunnen nog andere partijen zijn betrokken bij het verwerken, waaronder <onderzoeksbureaus>, die worden ingezet voor specifieke controles.*

In dit protocol staat consequent benoemd welke van deze partijen verantwoordelijk is voor de uitvoering en/of controle van de betreffende activiteit.

Als <producent> geldt die partij die de ligger overdraagt aan de <afnemer>. De <producent> is aansprakelijk voor de kwaliteit van het product. De verschillende partijen die hierboven genoemd zijn kunnen ondergebracht zijn bij eenzelfde rechtspersoon of een combinatie vormen.

In voorkomende gevallen moet binnen de combinatie/rechtspersoon worden vastgelegd welke van de bij de combinatie betrokken partijen invulling dient te geven aan elke specifieke verantwoordelijkheid van de producent.

## 1.3. Processtappen

In dit protocol wordt onderscheid gemaakt tussen de volgende processtappen:

- ❖ Voorbereiden en controle (hfdst. 2)
- ❖ Inmeten (hfdst. 3)
- ❖ Bewerken (hfdst. 4):
  - Inkorten
  - Verwijderen druklaag
  - Boren van gaten
  - Opruwen van betonoppervlakken
  - Overige bewerkingen
- ❖ Afwerken / herstellen van hergebruikte liggers (hfdst. 5)
- ❖ Oplevering (hfdst. 6).

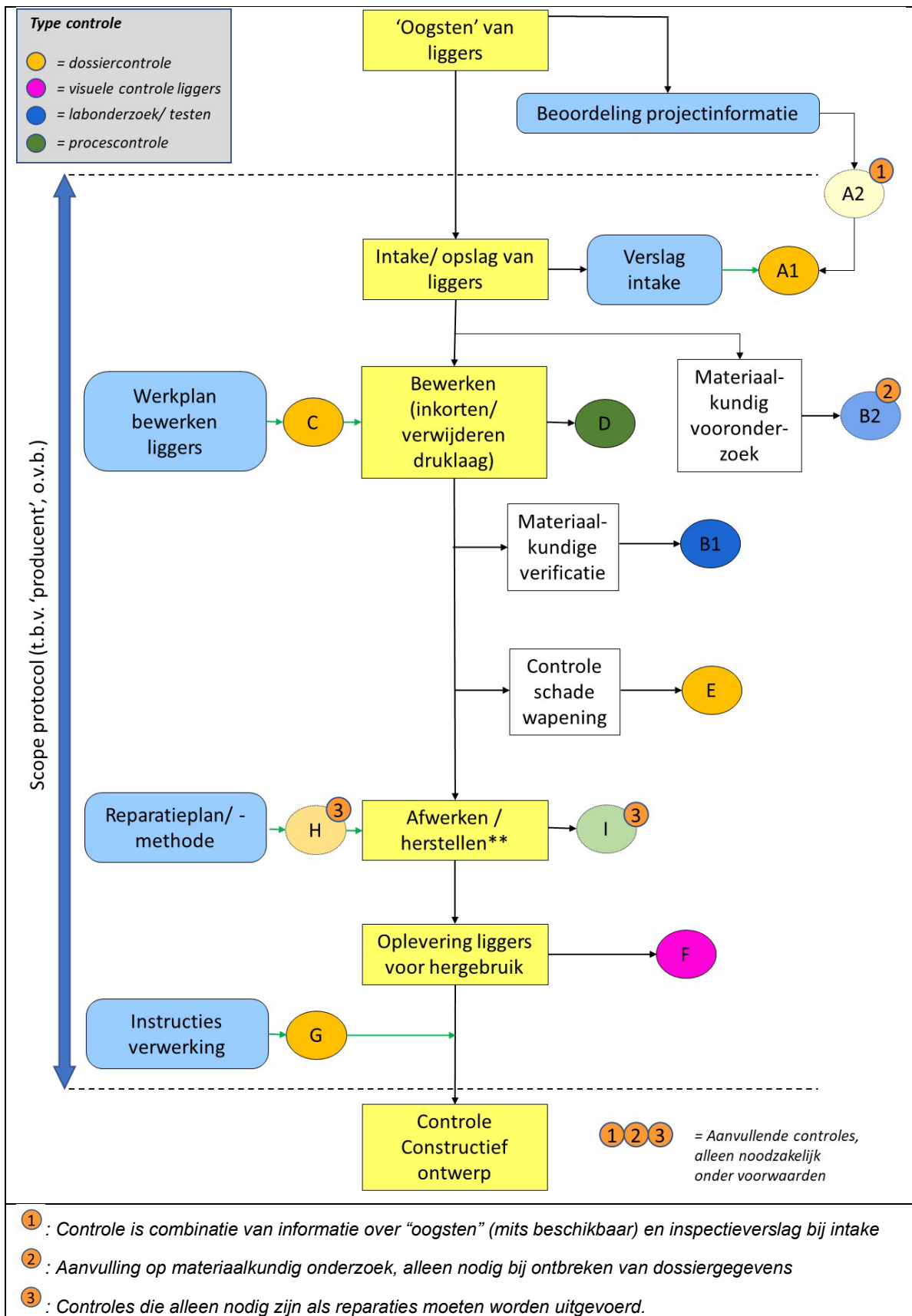
Per processtap is omschreven welke werkzaamheden worden uitgevoerd, welke voorwaarden hieraan worden gesteld en hoe deze worden beoordeeld. Figuur 1.1. bevat een flowschema waarin de processtappen en beoordelingspunten schematisch zijn weergegeven.

In dit protocol en in het flowschema wordt onderscheid gemaakt tussen verschillende controles die voorafgaand, tijdens en na afronding van het bewerken van de liggers worden uitgevoerd. In onderstaande tabel staan de verschillende typen controles beschreven en wordt de toegepaste kleurencodering getoond.

Kleuren-code	Type controle	Omschrijving
	Dossiercontroles	Beoordeling van diverse stukken die voor of tijdens de werkzaamheden door de diverse betrokken partijen dienen te worden opgesteld, zoals werkplannen en rapporten van opnames/ inspecties van de liggers.
	Materiaalkundig onderzoek	Bepalingen van materiaaleigenschappen van beton en wapening, alsmede onderzoek naar de duurzaamheid van deze materialen.
	Procescontroles	Bijwoning van diverse uitvoeringswerkzaamheden op locatie, waarbij wordt gecontroleerd of deze naar behoren en volgens opgestelde werkplannen worden uitgevoerd.
	Visuele inspectie	Beoordeling op locatie van de liggers, waarbij wordt gecontroleerd of deze vrij zijn van gebreken en volgens ontwerp zijn uitgevoerd.

In het flowschema is per controlepunt aangegeven welk type controle het betreft volgens het bovenstaande kleurenschema. Dit schema dient tevens als leeswijzer voor dit protocol: elk controlemoment is met een letter gecodeerd en soms aangevuld met een cijfer. In het vervolg van dit protocol wordt bij elke controlestap verwezen naar de desbetreffende code. Daarnaast zijn met cijfers voetnoten aangebracht met mogelijk aanvullende controles.





Figuur 1.1: Flowschema processtappen bewerken van liggers voor hergebruik, inclusief controlemomenten

## 2. Voorbereiden en controle

### 2.1. Algemeen

Per project waar liggers worden geoogst en verwerkt voor hergebruik, dienen de hiervoor uit te voeren werkzaamheden te worden vastgelegd in een projectdossier met daarin alle werkplannen en documenten ten behoeve van de uitwerking van deze werkzaamheden. Dit dossier dient als leidraad voor betrokken partijen en als controlemiddel bij het beoordelen van de uitvoering van deze werkzaamheden. In de komende hoofdstukken is omschreven welke documenten op welk moment als bewijsstukken noodzakelijk zijn.

*Toelichting: Tot het projectdossier worden gerekend, alle documenten die voor, tijdens of aan het einde van het project worden opgesteld/ verzameld in het kader van de controles die zijn beschreven in dit protocol. Dit betreft in ieder geval de stukken uit alle blauwe boxen van het flowschema uit figuur 1.1.  
Het projectdossier is niet gelijk aan het opleverdossier, waarnaar in § 6.1. wordt gerefereerd en dat gegevens bevat ten behoeve van de gebruiker / afnemer van de verwerkte liggers.*

Dit projectdossier bevat ten minste de volgende informatie:

- a) Een beschrijving van de liggers die zijn / worden geoogst voor hergebruik, met hierin de volgende gegevens, voor zover bekend:
  - I. toegepaste materialen;
  - II. constructief ontwerp van de oorspronkelijke ligger;
  - III. oorspronkelijke fabrikant;
  - IV. nadere informatie over het oorspronkelijke productieproces;
  - V. leeftijd/ bouwjaar;
  - VI. gegevens over belastingwisselingen (indien beschikbaar);
  - VII. eventuele aanpassingen / reparaties die in de gebruiksfase zijn uitgevoerd;
  - VIII. aangetroffen schades;
  - IX. verdere restricties en randvoorwaarden.
- b) Een overzicht van alle partijen die werkzaamheden uitvoeren ten behoeve van het hergebruik van de liggers, inclusief de verantwoordelijkheden per partij.
- c) Voorschriften voor de opslag en de verwerking van de liggers, waarbij alle aspecten worden genoemd die vallen onder de scope van het voorliggende protocol.

Ad IV: Te denken valt hierbij aan kwaliteitsgegevens en/of afwijkingsrapportages.

Ad VIII: Dit betreft alle schades die zijn geconstateerd aan de liggers voorafgaand aan de start van de werkzaamheden die door de <producent> en/of <modificeerders> worden uitgevoerd aan de geogste liggers.

Ad IX: Per project kunnen er aanvullende bijzonderheden zijn, die niet onder punten I t/m VIII vallen, maar die wel relevant zijn voor het hergebruik van de liggers. Dergelijke aspecten dienen eenduidig te worden vermeld in het werkplan.

Ad c) Voor liggers die worden hergebruikt in of over het rijkswegennet kunnen van toepassing zijnde eisen uit de ROK (Richtlijnen Ontwerp Kunstwerken, RTD 1001) deel uitmaken van de voorschriften voor de verwerking van de liggers.

De <producent> kan ervoor kiezen om delen van het werkplan op te laten stellen door <partijen> die verantwoordelijk zijn voor de invulling van specifieke werkzaamheden. Deze deelplannen moeten in dat geval centraal worden verzameld en toegevoegd aan het projectdossier, zodat deze door de <constructeur> en/of de <keuringsinstantie> kunnen worden beoordeeld.

Voor nieuw geproduceerde brucelementen is de norm NEN-EN 15050: “Geprefabriceerde betonproducten - Brucelementen” van toepassing. Volgens bijlage ZA van deze norm dienen tenminste de volgende materiaalgegevens te zijn vastgelegd:

Essential characteristics		Requirement clauses in this standard	Levels and/or class(es)	Notes and units
Compressive strength (of concrete)		4.2 Production requirements	None	N/mm <sup>2</sup>
Ultimate tensile and tensile yield strength (of steel)		4.1 Material requirements	None	N/mm <sup>2</sup>
Mechanical strength (by calculation)	Method 1	Information listed in ZA.3.2	None	Geometry and materials
	Method 2	4.3.3 Mechanical resistance	None	kNm, kN, kN/m
	Method 3	Design specification	None	
Resistance to fire	Method 1	Information listed in ZA.3.2	R	Geometry and materials
	Method 2	4.3.4 Resistance to fire	R	min
	Method 3	Design specification	R	
Durability against corrosion		4.3.7 Durability	None	Ambient condition
Durability against freeze-thaw		4.3.7 Durability	None	Ambient condition
Detailing		4.3.1 Geometrical properties or 8 Technical documentation	None	mm
Method 1 = declaration of geometrical data and material properties (see ZA.3.2); Method 2 = declaration of the value of the product properties (see ZA.3.3); Method 3 = declaration of the compliance with given design specification (see ZA.3.4). One of these alternatives will be selected consistently with the method of CE making (ZA.3.2, ZA.3.1/ZA.3.2 or ZA.3.4).				

Tabel 2.1.: NEN-EN 15050, tabel ZA.1.

Indien deze gegevens niet bekend zijn over de geogoste liggers, dan dienen deze middels onderzoek en/of constructieve berekening te worden vastgesteld.

Voor het bepalen van de sterkte-eigenschappen van beton en staal, dienen de methodes te worden gevolgd uit het voorliggende protocol, ook wanneer deze afwijken van de methodes die zijn voorgeschreven in NEN-EN 15050, zie het voorbeeld in onderstaande toelichting.

*Toelichting: Bij de productie-eisen voor druksterkte van beton wordt ervan uitgegaan dat beton is toegepast dat voldoet aan NEN-EN 206. In liggers geselecteerd voor hergebruik is veelal beton toegepast dat niet voldoet aan deze norm, omdat deze zijn gefabriceerd in een periode voordat deze Europese norm is verschenen.*

Duurzaamheidseisen (durability) kunnen niet conform NEN-EN 15050 worden vastgesteld aan bestaande liggers, omdat dit gericht is op betonsamenstelling van nieuwe liggers. Daarom dient van bestaande liggers waarvan niet bekend is in hoeverre deze aspecten zijn ingevuld<sup>1</sup>, de weerstand tegen de relevante aantastingsmechanismen te worden aangetoond (ASR, indringing van chlorides, carbonatatie).

In de alinea “*materiaal eigenschappen (cf. NEN-EN 15050)*” in § 2.2 is nader toegelicht hoe de eigenschappen ‘*mechanical strength (by calculation)*’ en ‘*reaction to fire*’ uit tabel 2.1 worden ingevuld.

De controles op de overige eigenschappen zijn uitgewerkt in § 2.3. “*materiaalkundig onderzoek*”.

*N.b. Voor de aspecten ‘mechanical strength (by calculation)’ en ‘reaction to fire’ wordt er in dit protocol vanuit gegaan dat deze zijn ingevuld op basis van constructieve berekeningen. Deze berekeningen zijn uitgevoerd, dan wel gecontroleerd<sup>2</sup>, door de bij het project betrokken <constructeur>.*

## 2.2. Intake / opslag van liggers

Zodra de liggers zijn geoogst en op het tasveld zijn geplaatst voor verdere verwerking, dient als eerste per ligger een opname te worden gemaakt, waarbij wordt vastgelegd:

- Welke schades en andere bijzonderheden zijn aangetroffen.
- Of de betreffende ligger is goedgekeurd dan wel afgekeurd voor verdere verwerking.

*N.b. Voor het beoordelen van eventuele scheuren in de liggers is in bijlage A een leidraad opgenomen.*

Voor het beoordelen van de wijdttes van aanwezige scheuren gelden de criteria die zijn gesteld in tabel 7.1N uit de Nationale Bijlage bij NEN-EN 1992-1. Deze tabel is ter informatie bijgevoegd als bijlage B bij dit protocol.

Als er al eerder, tijdens het oogsten van de liggers en/of het transport van de liggers, opnames zijn gemaakt, die schriftelijk zijn vastgelegd, dan dienen deze te worden toegevoegd aan het intake-verslag. Dit intakeverslag wordt aan de <keuringsinstantie> ter beoordeling voorgelegd (controle A1 uit het flowschema).

*N.b. Bij de beoordeling van de liggers tijdens de intake kan, mits beschikbaar, ook gebruik worden gemaakt van informatie die tijdens het oogsten en/of het transport is verkregen over eventuele schades. In dat geval dient deze informatie ook aan het intakeverslag worden toegevoegd en aan de <keuringsinstantie> ter beoordeling te worden voorgelegd (controle A2 uit het flowschema).*

Een specifiek aandachtspunt bij het beoordelen van schades, is een controle op de aanwezigheid van slijtscheuren (als gevolg van aangebrachte voorspanning). In diverse gevallen is dit schadetype niet bij de intake vast te stellen, omdat deze aan het oog zijn onttrokken door aangebrachte einddwarstragers. In voorkomende gevallen dient dit aspect te worden gecontroleerd nadat liggerkoppen zijn verwijderd. Dit dient dan te worden meegenomen bij de bij de controle door de <constructeur> omschreven onder § 5.1.

Tevens dient te worden beoordeeld of er locaties zijn met (een verdenking op) aantasting van de wapening door chloriden en/of carbonatatie, dan wel aantasting van beton door ASR (alkali-silicareactie). Met betrekking tot chlorides dient extra aandacht uit te gaan naar de liggerkoppen, indien de liggers afkomstig zijn uit een overspanning met open voegen in het donorviaduct. Op het moment dat de liggers aanzienlijk

<sup>1</sup> Invulling door eisen gesteld aan onder meer maximale wcf, minimum cement gehalte, maximaal alkali gehalte en warmtebeheersing

<sup>2</sup> In het geval dat deze gegevens (nog) bekend zijn van de oorspronkelijke liggers en de toegepaste rekenmethoden en constructieve eisen kunnen worden overgenomen voor de geplande wijze van hergebruik.

(≥ 2 m per liggereinde) ingekort worden vervalt deze noodzaak. Als aantasting is vastgesteld, dan dient dit te worden vastgelegd en dient in alle gevallen een duurzaamheidsonderzoek te worden uitgevoerd, zoals omschreven onder § 2.3, tenzij de aantasting zich bevindt in delen die worden verwijderd ten behoeve van het hergebruik.

### **Materiaaleigenschappen (cf. NEN-EN 15050)**

Tijdens de dossiercontrole wordt door de <constructeur> vastgesteld of alle eigenschappen, zoals vermeld in tabel 2.1. bekend zijn van de voor hergebruik geogoste liggers. Dit wordt schriftelijk vastgelegd in het intakeverslag. Indien materiaalkundige gegevens over het toegepaste beton en/of het toegepaste voorspan- en wapeningsstaal ontbreken, dan dienen deze in een materiaalkundig vooronderzoek te worden bepaald, bij voorkeur voorafgaand aan het bewerken van deze liggers, zoals omschreven in § 2.3.2.

Zijn deze materiaalkundige gegevens wel aanwezig, dan kan worden volstaan met een materiaalkundige verificatie, zoals omschreven in § 2.3.3.

Sterkte (Mechanical strength) en brandbestandheid (resistance to fire) kunnen worden aangetoond middels testen of middels calculatie, conform NEN-EN 15050, § 4.3.3. (sterkte), respectievelijk § 4.3.4.(brand). Voor deze eigenschappen geldt dat als deze informatie niet uit het projectdossier kan worden afgeleid, er aangegeven dient te worden volgens welke methode deze eigenschappen zullen worden bepaald. Wanneer gekozen wordt voor aantonen middels calculatie, dan mag dit worden ingevuld door de <constructeur>. Deze calculaties dienen aan het projectdossier te worden toegevoegd.

Uit grootschalig onderzoek dat TNO heeft uitgevoerd in opdracht van RWS<sup>3</sup> is gebleken, dat voor prefab liggers van vóór 1976 een minimale karakteristieke druksterkte van C55/67 mag worden aangehouden.

Er is geen vooronderzoek noodzakelijk naar de betonsterkte, indien wordt voldaan aan de volgende randvoorwaarden:

- De geogoste liggers zijn geproduceerd vóór 1976 én
- voor het beoogde hergebruik volstaat de beton sterkteklasse C55/67.

### **Identificatie / codering**

Alle liggers die zijn goedgekeurd voor hergebruik worden voorzien van een unieke codering, zodat elke ligger te allen tijde kan worden geïdentificeerd. Deze codering dient herkenbaar te zijn aangebracht op de liggers en terugvindbaar te zijn in bijbehorende documentatie waaronder het werkplan (zie § 2.3) en het opleverdossier (zie § 6.1).

### **Oplegging / ondersteuning**

De liggers moeten op locatie(s) waar ze worden opgeslagen en/of worden bewerkt, zodanig zijn opgelegd dat ze op elk moment gedurende deze gehele periode stabiel worden ondersteund, op een zodanige manier dat het optreden van ongewenste doorbuigingen of andere schades wordt voorkomen.

De wijze van ondersteunen dient per project te zijn bepaald voordat liggers worden getransporteerd naar de opslag- / verwerkingslocatie. Het bepalen van de juiste ondersteuningswijze is de verantwoordelijkheid van de <constructeur> en dient te zijn vastgelegd in het werkplan. De correcte opvolging van dit ondersteuningsplan is de verantwoordelijkheid van de <producent>.

---

<sup>3</sup> De uitkomsten van dit onderzoek zijn gepresenteerd in TNO rapport TNO-060-DTM-2012-00654: "Analyse van de materiaaleigenschappen voor de bepaling van het afschuifdraagvermogen van bestaande betonnen kunstwerken", Vervuurt, A.H.J.M. en Steenbergen, R.D.J.M., oktober 2012.

## 2.3. Materiaalkundig onderzoek

### 2.3.1. Algemeen

Het materiaalkundig onderzoek van de liggers is onderverdeeld in de volgende onderdelen:

1. Identificatie van de betoneigenschappen.
2. Identificatie van de staaleigenschappen en wapeningsconfiguratie.
3. Bepaling van de duurzaamheid (restlevensduur).

Deze onderzoeken dienen te worden uitgevoerd door een onafhankelijk en deskundig <onderzoekslaboratorium>.

De geschikte locaties voor monsternamen dienen per project te worden bepaald, in afstemming met de <constructeur>, om te voorkomen dat het nemen van de monsters ongewenste schade toebrengt aan beton en/of (voorspan)wapening. Tenzij dit vanwege de hiervoor genoemde overwegingen ongewenst is worden monsters voor het bepalen van de betoneigenschappen genomen uit het lijf van geselecteerde liggers.

De selectie monsternamelocaties voor het bepalen van staaleigenschappen is hieronder nader toegelicht, in de alinea "Identificatie van de staaleigenschappen en wapeningsconfiguratie".

De locaties voor bepaling van de duurzaamheid worden bepaald door de verwachte blootstelling: deze worden geselecteerd op plaatsen waar het beton potentieel het meest is aangetast door betreffende aantastingsmechanismen. Dit is ter beoordeling van het <onderzoekslaboratorium>.

#### Identificatie van de betoneigenschappen

Indien de sterkteklasse van het beton dient te worden vastgesteld (zie hiervoor de voorwaarden vermeld onder § 2.2), dan dient dit te worden bepaald op boorkernen uit geselecteerde liggers. De monsternamen dient uitgevoerd te worden conform RTD 1021<sup>4</sup>. Voor deze boorkernen hoeven geen afzonderlijke, nieuwe boorkernen geboord te worden als er voor andere doeleinden (hijsvoorziening, doorsteken t.b.v. einddwarsdrager) kernen zijn geboord die voldoen aan de eisen uit RTD 1021. Zie verder hfdst. 5).

*Voor het bepalen van deze eigenschappen mag, indien benodigd, worden uitgeweken naar materiaal afkomstig van (1) liggers die zijn aangemerkt als ongeschikt voor hergebruik of als reserve, dan wel (2) restmateriaal afkomstig uit bewerkingsstappen, op voorwaarde dat deze proefstukken representatief zijn voor de hergebruikte liggers*

Het is aan de <constructeur> om de vastgestelde betoneigenschappen op te nemen in de constructieve berekening voor de beoogde toepassing en vast te stellen of deze eigenschappen voldoen of te werken met conservatievere waarden en te toetsen of de betoneigenschappen hieraan voldoen.

#### Identificatie van de staaleigenschappen en wapeningsconfiguratie

Wanneer de mechanische eigenschappen van het beton- en/of voorspanstaal niet bekend zijn dan dienen deze eigenschappen te worden vastgesteld conform NEN-EN-ISO 15630-1. Ten minste moeten de volgende eigenschappen worden vastgesteld:

- vloeigrens / vloeispanning;
- treksterkte;
- rek bij maximale belasting;
- rek bij breuk;
- elasticiteitsmodulus.

<sup>4</sup> "Richtlijnen voor boren, transporteren en beproeven van grindbetonkernen en het bepalen van de druk- en splijttreksterkte", Rijkswaterstaat Technisch Document 1021.

Voor het bepalen van de staalkwaliteit mag gebruik worden gemaakt van materiaal afkomstig van (1) liggers die zijn aangemerkt als ongeschikt voor hergebruik of als reserve, dan wel (2) restmateriaal afkomstig uit bewerkingsstappen (zoals omschreven in § 4.2), op voorwaarde dat deze proefstukken representatief zijn voor de hergebruikte liggers.

Proefstukken die als representatief worden beschouwd zijn afkomstig uit liggers die met dezelfde materialen zijn gemaakt als de her te gebruiken liggers, en bij voorkeur uit dezelfde productierun komen. Daarnaast mag het te testen wapeningsstaal uit deze proefstukken niet zichtbaar zijn beschadigd.

De gemeten staaieigenschappen worden aangeleverd aan de <constructeur> zodat deze kunnen worden betrokken in de constructieve berekeningen en kan worden vastgesteld of de staaieigenschappen voldoen.

Als alternatief kan de <constructeur> ervoor kiezen om bij het uitvoeren van de constructieve berekeningen uit te gaan van een minimale staalsterkte / -kwaliteit, waaraan het toegepaste staal in alle gevallen voldoet (ondergrensbenadering). Deze werkwijze en hiervoor gekozen rekenwaarden dienen te worden vastgelegd in het werkplan. Een ondergrensberekening is alleen mogelijk in de volgende gevallen:

- 1) Gegevens van de daadwerkelijke ligger zijn beschikbaar waaruit de sterkte/kwaliteit afgeleid kan worden, bijvoorbeeld omdat dit is vermeld op beschikbare productietekeningen.
- 2) De verwachte sterkte is af te leiden uit bekende productiegegevens, zoals de producent en het tijdvak van productie. De verwachte sterkteklasse wordt in dat geval afgeleid uit dossiergegevens van vergelijkbare liggers waarvan de staalkwaliteit bekend is. Bij meerdere staalkwaliteiten wordt de laagste van de producent/tijdvak aangehouden.

Als een ondergrensberekening is toegepast, dan dient de toelichting op de werkwijze een verwijzing te bevatten naar de documentatie waarop deze berekening is gebaseerd.

De wapeningsconfiguratie dient op locatie te worden vastgesteld en ter beoordeling te worden voorgelegd aan de <constructeur>. Het is aan de <producent> om te bepalen op welke van de volgende welke wijzen de configuratie wordt vastgesteld:

- a) Middels non-destructief onderzoek, uit te voeren door een hierin gespecialiseerd <onderzoeksbureau>.
- b) Door dit destructief vast te stellen – middels het blootleggen van de wapening – op liggers die zijn aangemerkt als ongeschikt voor hergebruik of als reserve.
- c) Controles op liggers na uitvoering van bewerkingen (beoordeling van zaagdoorsnedes, controle van beugels / haarspelden na verwijdering van de druklaag).
- d) Een combinatie van voorgaande stappen.

### Duurzaamheid

Van de opgeslagen liggers dient de duurzaamheid te worden vastgesteld door deze te controleren op de volgende eigenschappen:

- Chloride-indringing – conform §5.6.3 (punt d) van CUR-Aanbeveling 121 aan boorkernen. Tevens dient de betondekking ter plaatse van elke boorkern te worden vastgesteld van tenminste 6 en bij voorkeur 12 naast elkaar gelegen staven uit de buitenste wapeningslaag <sup>5</sup>.
- Carbonatatie diepte – conform NEN-EN 14630 aan boorkernen. Tevens dient de betondekking ter plaatse van elke boorkern te worden vastgesteld van tenminste 6 en bij voorkeur 12 naast elkaar gelegen staven uit de buitenste wapeningslaag <sup>6</sup>.
- ASR gevoeligheid – conform §7.4 van CUR-Aanbeveling 102.

<sup>5</sup> Hiervoor kan het beste gebruik worden gemaakt non-destructieve meetmethoden, met hiervoor geschikte dekkingsmeters, zoals omschreven in CUR-Aanbeveling 121, § 5.6.3.

<sup>6</sup> Zie voetnoot 3

De metingen dienen uitgevoerd te worden in een onafhankelijk en deskundig <onderzoekslaboratorium>. Tevens dient door <het onderzoekslaboratorium> beoordeeld te worden of de restlevensduur van de liggers tenminste even groot is als de ontwerplevensduur van het nieuwe kunstwerk (vaak 100 jaar).

Onder voorwaarden kan gekozen worden voor aanpassingen wanneer uit het onderzoek blijkt dat de restlevensduur korter is dan de ontwerplevensduur van het nieuwe kunstwerk:

- Betrokken partijen kunnen overeenkomen om een reductie van de ontwerpslevensduur te accepteren.
- De <producent> kan maatregelen treffen ter bescherming van de liggers waardoor verdere aantasting wordt tegengegaan en de restlevensduur wordt verlengd.

Deze aanpassingen worden beschouwd als afwijkingen. Liggers kunnen alsnog worden goedgekeurd en voorzien van een kwaliteitsverklaring wanneer deze afwijkingen zijn vastgelegd, beoordeeld en goedgekeurd, volgens de procedure die is omschreven in § 6.4.

Liggers die niet voldoen aan de gestelde duurzaamheidscriteria en/of waarvan de aanpassingen niet zijn geaccepteerd, moeten worden beschouwd als ongeschikt voor hergebruik.

### 2.3.2. Vooronderzoek

Wanneer een vooronderzoek noodzakelijk is (zie §2.1) dan dienen de volgende bepalingen te worden uitgevoerd (controle B2 uit het flowschema):

#### 1) Betonsterkte:

- a) De karakteristieke in situ druksterkte dient te worden bepaald op de volgende wijze:
  - i) Conform NEN-EN 13791:2019, waarbij tenminste 8 kernen dienen te worden beproefd. Uit elke kern mag slechts 1 proefstuk voor beproefing druksterkte worden geprepareerd. De proefstukken moeten een lengte:diameter verhouding gelijk aan 1,0 bezitten. De 8 kernen dienen afkomstig te zijn uit 8 verschillende liggers, tenzij het aantal te verwerken liggers kleiner is dan 8. In dat geval moet het aantal benodigde kernen gelijkmatig worden verdeeld over het beschikbare aantal liggers.
- b) Voor toepassing in RWS kunstwerken mag alternatief de methode zoals beschreven in RTD 1021:2016 gevolgd worden met een minimum van 6 kernen. Deze 6 kernen dienen afkomstig te zijn uit tenminste 6 liggers.
- c) Van een bepaling van de druksterkte middels testen kan alleen worden afgezien wanneer:
  - i) De sterkteklasse kan worden aangenomen conform het onder § 2.2. gestelde over het afleiden van de sterkteklasse op basis van het door TNO uitgevoerde onderzoek aan bestaande kunstwerken.
  - ii) Er geen hogere sterkteklasse dan C55/67 vereist is in de nieuwe toepassing.
  - iii) Betrokken partijen akkoord zijn met deze aanpak.
  - iv) Er geen twijfel bestaat over de aangenomen sterkteklasse (bijvoorbeeld vanwege schade aan of aantasting van het beton).

De opties die zijn vermeld onder b) en c) worden beschouwd als mogelijke alternatieven voor a) en moeten worden beoordeeld en goedgekeurd, conform het gestelde onder § 6.4.

- 2) Aanvullend dient de splijttreksterkte te worden bepaald, op minimaal 3 proefstukken, conform NEN-EN 12390-6 <sup>7</sup>. Alle geselecteerde kernen zijn afkomstig uit afzonderlijke liggers, dan wel uit reststukken van verschillende liggers.
- 3) Staaleigenschappen:
  - a) Wanneer de staalsterkte en -kwaliteit worden vastgesteld middels beproefing conform EN 15630-1, zoals omschreven in § 2.3.1, dan dient dit te worden uitgevoerd op minimaal 3 staalmonsters per

<sup>7</sup> Deze eis is opgenomen in de Richtlijnen Beoordeling Kunstwerken (RBK) van Rijkswaterstaat, versie 1.1 van 27 mei 2013



type wapening (voorspanstaal, langswapening, beugelwapening). Per type wapening zijn alle geselecteerde staalmonsters afkomstig uit afzonderlijke liggers, dan wel uit reststukken van verschillende liggers.

4) Wapeningsconfiguratie:

- a) Van de wapeningsconfiguratie moeten minimaal voldoende gegevens worden verzameld en vastgelegd om de <constructeur> in de gelegenheid te stellen om de benodigde constructieve berekeningen uit te voeren, waarmee kan worden vastgesteld of de betreffende liggers geschikt zijn voor hergebruik.

*Noot: Aanvullende controles kunnen in een later stadium wenselijk zijn, in verband met het bepalen van posities om bewerkingen uit te voeren op de liggers (zoals boren en/of zagen) waarbij wapening zo min mogelijk wordt geraakt / beschadigd (zie hiervoor ook hoofdstuk 5).*

5) Duurzaamheid

- a) Chloride-indringing: op tenminste 2 liggers per overspanning van het donor kunstwerk. Per ligger 1 boorkern nabij het uiteinde van de ligger, indien chloridebelasting hier relevant is (zie §2.2).
- b) Carbonatatie diepte: uit te voeren op 1 op de 5 liggers. Per geselecteerde ligger worden twee boorkernen genomen, 1 uit elk liggereind.
- c) ASR gevoeligheid: aan tenminste 1 boorkern per geogst kunstwerk, tenzij er aanwijzingen zijn dat de grondstoffen voor het beton niet in alle geogste liggers van dit kunstwerk gelijk zijn, of er aanwijzingen zijn voor verschillen in aantasting tussen onderlinge liggers.

Het vooronderzoek dient bij voorkeur te worden uitgevoerd voordat de bewerkingen aan de liggers starten, zodat tijdig kan worden ingegrepen als de materiaalprestaties onvoldoende blijken te zijn. De uitkomsten van het vooronderzoek dient aan het projectdossier te worden toegevoegd. In overleg tussen betrokken partijen mag ervoor worden gekozen om het onderzoek in een later stadium uit te voeren, doch in alle gevallen voordat herstelwerkzaamheden, zoals omschreven in hst. 8 worden uitgevoerd, omdat de materiaalgegevens relevant (kunnen) zijn bij het bepalen van de geschikte herstelmethoden.

2.3.3. Verificatieonderzoek

Wanneer geen vooronderzoek noodzakelijk is, dan kan met een gereduceerd verificatieonderzoek worden aangetoond dat de materiaaleigenschappen van de liggers overeenkomen met de beschikbare dossiergegevens (controle B1 uit het flowschema):

- a) Betonsterkte - druksterkte
- b) Staaleigenschappen
- c) Wapeningsconfiguratie
- d) Duurzaamheid
  - o Chloride-indringing
  - o Carbonatatie diepte
  - o ASR gevoeligheid

Ad a) Een controle van de druksterkte van het beton is alleen noodzakelijk als er twijfel bestaat over de opgegeven sterkteklasse – bijvoorbeeld als het beton lijkt beschadigd of aangetast – of wanneer in de nieuwe toepassing een hogere druksterkte vereist is. In voorkomende gevallen dient de betonsterkte te worden bepaald op minimaal 3 kernen genomen uit drie afzonderlijke liggers.

Ad b) Een controle van de staalsterkte en -kwaliteit is alleen noodzakelijk als er twijfel bestaat over de opgegeven staaleigenschappen – bijvoorbeeld als het staal lijkt of te wijken of is beschadigd. In voorkomende gevallen dienen de staaleigenschappen te worden bepaald op minimaal 3 monsters genomen uit drie afzonderlijke liggers.

Ad c) Het is ter beoordeling aan de <constructeur> in hoeverre het noodzakelijk is om de wapeningsconfiguratie te controleren als bevestiging dat de werkelijke configuratie overeenkomt met beschikbare ontwerpgegevens.

Na het inkorten van liggers, zoals omschreven onder § 4.2 dient visueel te worden gecontroleerd of er voorspanstrengen zijn ingetrokken voorbij de door de <constructeur> vastgestelde grenswaarde. Tenzij anders gespecificeerd bedraagt deze grenswaarde 1,5 mm. De zaagsneden dienen hiertoe visueel te worden geïnspecteerd. Bij een verdenking van een overschrijding van de grenswaarde dient dit te worden opgemeten. Is deze inderdaad overschreden dan wordt de <constructeur> hierover geïnformeerd, zodat deze kan bepalen welke correctieve maatregelen kunnen/moeten worden genomen.

Ad d) Een controle van de duurzaamheid van het beton is alleen noodzakelijk als er aanwijzingen zijn voor schade die mogelijk het gevolg zijn van genoemde schademechanismen. Aanwijzingen hiervoor zijn bijv. loszittende betondekking, gecorrodeerd betonstaal, netwerkscheuren (ASR) etc. In voorkomende gevallen dienen representatieve schadelocaties worden onderzocht op chloride-indringing, carbonatatie en/of ASR gevoeligheid. Tevens dient de slijttreksterkte te worden bepaald, om te controleren of deze negatief is beïnvloed door ASR.

Het verificatieonderzoek dient te zijn afgerond voordat (a) reparaties van schades aan de liggers worden uitgevoerd of, wanneer geen reparaties noodzakelijk zijn (b) voordat de liggers voor hergebruik worden opgeleverd. De uitkomsten van het verificatieonderzoek dient aan het projectdossier te worden toegevoegd.

## 2.4. Werkplan

Tot de mogelijk uit te voeren bewerkingen op de liggers behoren:

- Inkorten van de liggers, eventueel inclusief een aanpassing van de kruisingshoek.
- Verwijderen van de druklaag.
- Boren van gaten.
- Afwerken van kopse zijden (opruwen, sealen).
- Overige werkzaamheden, zoals bijv. het bewerken van oplegpunten of het lokaal vlakken van bovenzijden (om stapeling op het opslagterrein mogelijk te maken)

Voorafgaand aan de uitvoering van deze bewerkingen wordt door de <producent> een werkplan opgesteld waarin eenduidig is omschreven:

- Welke liggers worden verwerkt (herkomst)
- Welke gegevens over deze liggers bekend zijn (materiaalgegevens, ontwerp, draagkracht), inclusief verwijzing naar bijbehorende documenten, voor zover beschikbaar.
- Op welke wijze deze werkzaamheden worden uitgevoerd
- Door welke werknemers de werkzaamheden worden uitgevoerd\*

*\* Deze werknemers hoeven niet op persoonsniveau te worden benoemd in het werkplan. Wel moet duidelijk uit het werkplan blijken over welke kwalificaties de aangewezen werknemers dienen te beschikken. Dit moet op locatie controleerbaar zijn. Dit dient in lijn te zijn met hetgeen hierover is gesteld in § 4.1.*

Delen van het werkplan die betrekking hebben op de specifieke werkzaamheden, kunnen worden ingevuld door de hiervoor aangewezen <modificeerders>.

Het werkplan wordt aan de <keuringsinstantie> ter beoordeling voorgelegd (controle C uit het flowschema). Wanneer het werkplan afwijkingen vertoont, ofwel incompleet is, dan zal de <keuringsinstantie> dit

vastleggen en melden aan de <producent>. Het werkplan zal door de <keuringsinstantie> ook worden gebruikt als toetsingsdocument bij verdere controles gedurende het proces om de liggers te bewerken.

### 3. Inmeten

De <producent> past de maatvoering van de liggers aan op basis van een door de <constructeur> aangeleverd ontwerp. Om te controleren of de maatvoering voldoet aan de gestelde eisen worden de volgende metingen door de <producent> uitgevoerd:

1) Opmeten van de lengte van de liggers.

Deze dient tenminste te worden vastgesteld vóór aanvang van bewerkingen van de liggers (startlengte<sup>8</sup>) en na volledige afronding van alle bewerkingen, zoals omschreven in hfdst. 4 (opleverlengte). In overleg tussen <producent> en <constructeur> kan deze parameter op tussenliggende momenten worden gemeten als aanvullende controle.

2) Opbuiging van de liggers.

Deze dient tenminste te worden vastgesteld na inkorten van de liggers en volledige verwijdering van de druklaag. In overleg tussen <producent> en <constructeur> kan deze parameter ook op de volgende eerdere momenten worden gemeten als aanvullende controle, bijvoorbeeld nadat de liggers zijn gearriveerd bij de opslag, voor aanvang van de eerste bewerkingen.

Deze metingen dienen consistent met eenzelfde werkmethode worden uitgevoerd die door de <producent> schriftelijk is vastgelegd en die – op papier en in het werk – kan worden gecontroleerd door de <keuringsinstantie>.

De uitkomsten van deze metingen dienen te worden toegevoegd aan het projectdossier en ter beoordeling voorgelegd aan de <constructeur> en de <keuringsinstantie>. De maattoleranties voor de lengte van de liggers dient te voldoen aan hetgeen is gesteld in NEN-EN 13369: 2018, onder artikel 4.3.1.1. De maattoleranties voor de opbuiging worden vastgesteld door de <constructeur>.

Om de beoogde lengte op de correcte wijze te bereiken dient rekening te worden gehouden met tenminste de volgende invloedsfactoren:

- 1) Lengteveranderingen door wijzigingen in spanning (bij bewerkingen)
- 2) Dikte van het zaaglint.
- 3) Schuin inzagen: vaststellen correcte zaaghoek

De <constructeur> bepaalt op basis van aangeleverde meetresultaten op welke locaties bewerkingen dienen te worden uitgevoerd en informeert betrokken <modificeerders> hierover, voor aanvang van de betreffende werkzaamheden.

---

<sup>8</sup> Opmeten voor aanvang van bewerkingen dient te worden uitgevoerd omdat de werkelijke lengte af kan wijken van de ontwerplengte, onder meer als gevolg van krimp en kruip.

## 4. Bewerking van liggers

In dit hoofdstuk zijn de diverse bewerkingen vermeld die op geoogste liggers kunnen worden uitgevoerd om deze geschikt te maken voor hergebruik in een ander kunstwerk:

- § 4.2. Inkorten
- § 4.3. Verwijderen druklaag
- § 4.4. Boren van gaten
- § 4.5. Opruwen van betonoppervlakken
- § 4.6. Overige bewerkingen
- Hst. 5 Afwerken / herstellen van hergebruikte liggers

*Toelichting: Met betrekking tot 'overige bewerkingen' geldt, dat dit bewerkingen die in dit protocol niet zijn gespecificeerd, maar wel zijn gepland om de liggers te bewerken voor hergebruik. Er wordt onderscheid gemaakt tussen deze bewerking en 'afwerken/ herstellen', omdat die bewerkingen niet (in alle gevallen) vooraf zijn gepland.*

Per bewerking is omschreven welke werkzaamheden dit omvat, welke partij dit uitvoert, waaraan deze partij moet voldoen en hoe dit wordt gecontroleerd.

Voor alle genoemde bewerkingen geldt dat de betreffende <modificeerder> aan dient te tonen deze kundig uit te kunnen voeren. In § 4.1. is omschreven op welke wijzen de <modificeerder> dit aan kan tonen.

Indien het voor correcte uitvoering van genoemde werkzaamheden noodzakelijk is om metingen uit te voeren om gegevens te verkrijgen over de wapeningsconfiguratie (aanvullend op de metingen omschreven in § 2.3) dan dient dit in het werkplan van de betrokken <modificeerder(s)> te zijn omschreven: welke metingen zijn nodig, wanneer en door welke partij worden deze metingen uitgevoerd?.

### 4.1. Aantonen vakbekwaamheid

Voor al deze bewerkingen geldt dat de <modificeerder> die de betreffende bewerking uitvoert ter zake kundig is. Dit kan het bedrijf aantonen door bewijsstukken aan te leveren, waaruit blijkt dat hij deze werkzaamheden eerder vakbekwaam heeft uitgevoerd bij eerdere projecten waarbij liggers geschikt zijn gemaakt voor hergebruik, dan wel andere projecten waarbij gelijkwaardige werkzaamheden zijn uitgevoerd.

Als een <modificeerder> deze ervaring ontbeert, of hiervoor geen bewijsstukken kan voorleggen, dan kan hij zijn kundigheid aantonen door de benodigde werkzaamheden uit te voeren op een proeffligger, of op beschikbare liggereinden (zie § 4.2) en de resultaten ter goedkeuring te laten beoordelen door de <constructeur>.

Voor alle werkzaamheden vermeld in § 4.2 t/m 4.6 geldt dat als de betreffende <modificeerder> op basis van eerdere ervaring aan wil tonen kundig te zijn, de bewijsstukken die hij ten behoeve hiervan aanlevert dan ten minste het volgende dient te bevatten:

- Referenties van eerdere civiele constructies waar de <modificeerder> betonnen delen vakbekwaam heeft gemodificeerd.
- Referenties van eerdere constructies waar de <modificeerder> voorgespannen betonnen delen heeft gemodificeerd waaraan <het sloopbedrijf> werkzaamheden heeft uitgevoerd.

Bewerkingen van de liggers mogen alleen worden uitgevoerd door werknemers van <modificeerders> waarvan kan worden aangetoond dat ze de benodigde vakbekwaamheid bezitten, doordat ze (1)

aantoonbaar betrokken zijn geweest bij eerdere referentieprojecten of (2) doordat ze de werkzaamheden op proefliggers naar behoren hebben uitgevoerd.

Voor alle werkzaamheden vermeld onder § 4.2 t/m 4.6 en hoofdstuk 5 geldt dat de <keuringsinstantie> tijdens werkplekinspectie ter plaatse steeksproefsgewijs controles uit kan voeren van de werkzaamheden om te controleren of (a) deze volgens opgestelde werkplannen worden uitgevoerd en (b) er geen beschadigingen / afwijkingen zijn opgetreden die in strijd zijn met de voorwaarden uit dit protocol.

Wanneer de <keuringsinstantie> afwijkingen constateert, dan brengt deze de <producent> hiervan op de hoogte. De <producent> wordt geacht om maatregelen te treffen om vastgestelde afwijkingen te corrigeren en de gekozen werkwijze voor te leggen aan de <constructeur> en de <keuringsinstantie>.

### **Bijwoningen van bewerkingen door de <keuringsinstantie>**

Voor alle bewerkingen door <modificeerders> zoals omschreven in § 4.2 t/m § 4.6 geldt dat de <keuringsinstantie> bijwoningen kan uitvoeren om te beoordelen of de betreffende werkzaamheden naar behoren worden uitgevoerd (controle D uit het flowschema), conform opgestelde werkplannen en door partijen die als kundig zijn aangemerkt conform § 6.1. Wanneer afwijkingen worden geconstateerd dan zal de <keuringsinstantie> dit vastleggen en melden aan de <producent>.

## **4.2. Inkorten**

Het inkorten van liggers omvat alle werkzaamheden ten behoeve van het aanpassen van de lengte van de liggers en/of het aanpassen van de kruisingshoek van de liggers middels het afzagen van uiteinden van de liggers. Deze zaagwerkzaamheden worden uitgevoerd door een <zaagbedrijf> met een bewezen kundigheid voor deze werkzaamheden.

Alle zaagsneden worden gemaakt op posities die door de <constructeur> vooraf zijn bepaald. De <constructeur> tekent deze posities zelf af, of geeft hier toe instructies aan de <producent> en/of de <modificeerder>.

Deze posities worden schriftelijk vastgelegd, zodat deze kunnen worden gecontroleerd door de <keuringsinstantie>.

Bij het zagen dient het optreden van schades/afwijkingen zoveel mogelijk te worden beperkt. Hierbij is het onder meer van belang om:

- het zaaglint bij voorkeur verticaal omhoog te trekken door de liggerkop.
- de zaag voldoende te geleiden en verticaal waterpas uit te lijnen.
- waar mogelijk, zaagsneden tussen beugels/haarspelden aan te brengen en het risico op raken van de wapening daarmee te minimaliseren.
- te bewaken dat zaagsneden verticaal waterpas zijn<sup>9</sup>.

Wanneer afgezaagde liggereinden zijn aangewezen voor (1) het aantonen van kundigheid van <modificeerders>, zoals omschreven in § 4.1, of (2) het verkrijgen van boorkernen voor het bepalen van betoneigenschappen en/of staalmonsters voor het bepalen van staaleigenschappen, zoals omschreven in §2.3, dan dienen deze op het opslagterrein te worden opgeslagen tot gebruik, en te zijn voorzien van een codering zodat duidelijk is uit welke ligger deze einden afkomstig zijn.

<sup>9</sup> Het risico op afwijkende verticale hoeken is vooral groot in situaties waarbij (1) liggers onder een schuine horizontale hoek worden ingekort en (2) de onder- en bovenzijde van deze liggers niet even breed zijn.

### 4.3. Verwijderen druklaag

Het verwijderen van de druklaag wordt uitgevoerd door een <modificeerder> met een bewezen ervaring voor deze werkzaamheden. Bij het verwijderen van de druklaag dient het optreden van schade zoveel mogelijk beperkt worden. Mogelijke schades zijn (a) beschadigde beugels op bovenzijde ligger, (b) loszittend beton aan bovenzijde lijf van ligger en (c) het optreden van scheuren in het beton.

De <modificeerder> legt in een werkplan uit op welke wijze hij de het verwijderen van de druklaag beoogt uit te voeren en geeft hierbij aan welke maatregelen zijn genomen om het optreden van beschadigingen te minimaliseren. Dit plan legt de <modificeerder> voor aan de <constructeur> voorafgaand aan de werkzaamheden ter beoordeling.

### 4.4. Boren van gaten

Het boren van gaten kan om diverse redenen benodigd zijn, bijvoorbeeld ten behoeve van het doorsteken van de onderwapening van de eiddwarsdraggers en/of het aanbrengen van hijsvoorzieningen.

Alle boringen in de liggers moeten worden uitgevoerd door een <boorbedrijf> met een bewezen ervaring voor deze werkzaamheden. Indien de boringen onder een hoek <math>< 90^\circ</math> met het lijf geplaatst dienen te worden, dan moet een adequate voorziening worden getroffen om dit op gecontroleerde wijze uit te voeren. Dit ter beoordeling van <constructeur> en <keuringsinstantie>.

Het <boorbedrijf> spant zich in om zover mogelijk te voorkomen om betonstaal te raken bij het boren van gaten. Het raken van voorspanstaal dient te allen tijde te worden voorkomen. Het <boorbedrijf> legt in een werkplan uit op welke wijze hij de boringen beoogt uit te voeren en geeft hierbij aan welke maatregelen zijn genomen om het beschadigen van wapening te minimaliseren. Dit plan legt <het boorbedrijf> voor aan de <constructeur> voorafgaand aan de werkzaamheden ter beoordeling.

Na de uitvoering van de boringen controleert <het boorbedrijf> in hoeverre wapening is geraakt en of de hiervoor gestelde randvoorwaarden niet zijn overschreden. Na deze controle rapporteert <het boorbedrijf> de uitkomsten van deze controle aan de <constructeur>.

Wanneer de geboorde kernen worden bewaard ten behoeve van materiaalkundig onderzoek, zoals omschreven in hoofdstuk 3, dan dienen deze kernen zodanig te worden opgeslagen dat deze niet worden beschadigd tijdens voortgaande werkzaamheden. De kernen dienen zodanig te zijn gecodeerd dat onomstotelijk is te herleiden uit welke ligger elke individuele kern afkomstig is en uit welke locatie van de ligger (zijde).

### 4.5. Opruwen van betonoppervlakken

Het opruwen van betonoppervlakken kan noodzakelijk zijn om voldoende hechting te realiseren met hier tegen aan te storten onderdelen van in-situ beton, bijv. ter plaatse van aan te storten dwarsdraggers.

Het opruwen van betonoppervlakken wordt uitgevoerd door een <modificeerder> met een bewezen ervaring voor deze werkzaamheden.

De benodigde / behaalde ruwheid is ter beoordeling van de <constructeur>, die deze gegevens betreft in de constructieve berekeningen, conform hetgeen is omschreven in NEN-EN 1992-1-1, onder § 6.2.5.

### 4.6. Overige bewerkingen

Wanneer behalve de werkzaamheden genoemd onder § 4.1 t/m 4.5 nog andere bewerkingen noodzakelijk zijn om de liggers geschikt te maken voor hergebruik, dan dient hiervoor een specifiek werkplan te worden

opgesteld door de hiervoor betrokken <modificeerder>. Dit werkplan dient te worden voorgelegd ter beoordeling aan de <constructeur> en de <keuringsinstantie>.

Bij voorkeur worden aanvullende bewerkingen uitgevoerd door een <modificeerder> die zijn kundigheid al heeft aangetoond voor een of meerdere bewerkingen vermeld onder § 4.1 t/m 4.5. Wanneer een afzonderlijke <modificeerder> moet worden ingeschakeld, dan dient deze <modificeerder> aan te tonen een bewezen ervaring te hebben voor de uit te voeren werkzaamheden.

## 5. Afwerken / herstellen van hergebruikte liggers

### 5.1. Beton

De <constructeur> beoordeelt of en welke betonschades hersteld dienen te worden. Voor het herstellen van betonschades dient een <reparatiebedrijf> te worden ingeschakeld, dat is gecertificeerd volgens BRL 3201 (tenminste voor deel 1 van deze beoordelingsrichtlijn)<sup>10</sup>. De herstelmethode wordt gekozen in overleg tussen <constructeur> en <betonreparatiebedrijf>.

<Het reparatiebedrijf> dient door de <producent> te worden geïnformeerd over de te repareren schades. Hiertoe verstrekt de <producent> de opnamerapporten van de desbetreffende liggers aan het <reparatiebedrijf>. Deze opnamerapporten bevatten tenminste een lijst van alle schades die zijn aangetroffen en een beschrijving van de schadelocaties.

Voorafgaand aan het herstel dient voor elke te herstellen schade in ieder geval te zijn vastgelegd wat de schadeoorzaak is, en welke uitvoerings- en gevolgklasse van toepassing zijn". Deze informatie wordt (1) door de producent aan het reparatiebedrijf aangeleverd of (2) door het reparatiebedrijf worden vastgesteld voorafgaand aan de uitvoering. Deze gegevens worden in het herstelplan vastgelegd.

Het reparatiebedrijf levert voorafgaand aan uitvoering van de reparaties een herstelplan aan, ter goedkeuring aan de <keuringsinstantie> via de <producent>.

### 5.2. Wapening

De <constructeur> voert altijd een beoordeling uit van de beschadigde beugels en bepaalt op basis hiervan welk herstel noodzakelijk is.

De <constructeur> kan per project een criterium voor de beoordeling van de schade aan de beugels bepalen. In voorkomende gevallen dient de <constructeur> dit afwijkende criterium te onderbouwen en op te nemen in het inspectieverslag en in relevante herstelplannen, zie volgende alinea: "herstellen beugels".

Tenzij de constructeur een afwijkend criterium vaststelt, geldt als uitgangspunt het keuringscriterium voor beschadigde beugels dat er geen herstel noodzakelijk is, als de verticale delen van maximaal 2 beugels zijn beschadigd per meter liggerlengte. Zijn er meer beugels beschadigd dan dient de <constructeur> te bepalen in hoeverre deze schades toelaatbaar zijn, middels een constructieve beoordeling, waarin de volgende aspecten zijn betrokken:

- Locatie van de schades (afstand tot de liggereinden, hoeveelheid beschadigde beugels per locatie).
- Aard van de schades (verbuigingen, breuk, indeukingen).
- Benodigde constructieve bijdrage ('deuvelwerking').

<sup>10</sup> Deze BRL omvat zowel reparaties middels de volgende verwerkingstechnieken: (1) handmatig verwerken van mortels, (2) spuiten van mortels, (3) vullen van scheuren, naden en holle ruimten en (4) injecteren van vullen van scheuren, naden en holle ruimten.

De uitkomsten van de beoordeling door de <constructeur> dienen te worden vastgelegd in een inspectieverslag, dat wordt voorgelegd aan de <keuringsinstantie> ter controle (controle E uit het flowschema).

### **Herstellen beugels**

Indien uit de beoordeling van de <constructeur> blijkt dat de omvang van de schades aan de beugels zodanig is, dat herstel noodzakelijk is, dan dient hiervoor een herstelplan te worden opgesteld door een hiervoor ingeschakeld <reparatiebedrijf> voorafgaand aan de uitvoering van de reparaties. De schades aan de beugels dienen te worden hersteld conform dit herstelplan.

### **Afwerken strengen**

Wanneer bij het bewerken van de liggers uiteinden van voorspanning en/of langswapening komen bloot te liggen aan het oppervlak, dan dienen deze uiteinden te worden beschermd tegen corrosie, door deze af te schermen met een afdichtings-/ reparatiemortel. Dit dient te worden uitgevoerd door een <reparatiebedrijf> dat gecertificeerd volgens BRL 3201 (tenminste voor deel 1 van deze beoordelingsrichtlijn).

Het reparatiebedrijf levert voorafgaand aan uitvoering van de reparaties een herstelplan aan, ter goedkeuring aan de <keuringsinstantie> via de <producent>.

## **5.3. Beoordeling van herstelplannen**

Herstelplannen voor de reparaties en afwerkingswerkzaamheden, genoemd onder § 5.1 en § 5.2. worden ter goedkeuring aan de <keuringsinstantie> aangeboden via de <producent>. De <keuringsinstantie> beoordeelt de herstelplannen van de betreffende <reparatiebedrijven> (controle H uit het flowschema), en informeert de <producent> over de uitkomsten van deze beoordeling.

Bij akkoord van de keuringsinstantie, kunnen de herstelwerkzaamheden conform de goedgekeurde herstelplannen worden uitgevoerd. Wanneer de <keuringsinstantie> een herstelplan afkeurt, dan stelt de <keuringsinstantie> de <producent> hiervan op de hoogte. De <keuringsinstantie> geeft hierbij aan op welke punten het herstelplan onvolledig of incorrect is en verzoekt de <producent> om het initiatief te nemen om het herstelplan aan te passen.

## **5.4. Bijwoningen van reparaties door de <keuringsinstantie>**

Door de <keuringsinstantie> kan op het werk controles uitvoeren om na te gaan of de reparaties conform de opgestelde herstelplannen voor het beton en/of de wapening worden uitgevoerd, middels bijwoningen. (controle I uit het flowschema), door partijen die als kundig zijn aangemerkt conform § 4.1. Wanneer afwijkingen worden geconstateerd dan zal de <keuringsinstantie> dit vastleggen en melden aan de <producent>.

## **6. Oplevering**

Nadat alle werkzaamheden aan de liggers zijn uitgevoerd en deze zijn opgeleverd voor verwerking, dan dient de <producent> de keuringsinstantie hierover te informeren, zodat de keuringsinstantie een eindbeoordeling kan uitvoeren. Deze eindbeoordeling bestaat uit de onderdelen, die zijn omschreven in § 6.1 en 6.2.



## 6.1. Opleverdossier

Tot het opleverdossier behoren in ieder geval de volgende stukken:

- 1) Alle werk- en herstelplannen.
- 2) Alle verstrekte keuringsrapporten.
- 3) Alle resultaten van onderzoeken die zijn uitgevoerd om materiaaleigenschappen en duurzaamheid van de liggers vast te stellen.
- 4) De resultaten van de metingen van de definitieve eigenschappen (dimensies, kruisingshoek, opbuiging) van de liggers.
- 5) Een verslag van de reparaties die aan alle liggers zijn uitgevoerd.
- 6) Hijsinstructies: Een omschrijving waaruit blijkt op welke wijze de liggers kunnen worden opgetild voor transport naar de locatie(s) waar deze worden toegepast, dan wel (tijdelijk) worden opgeslagen.
- 7) Legplan: Een toelichting en/of technische tekening waaruit blijkt in welke volgorde de liggers in een nieuw kunstwerk te worden geplaatst.

Het opleverdossier wordt ter goedkeuring voorgelegd aan de <keuringsinstantie> (controle G uit het flowschema). Wanneer het opleverdossier afwijkingen vertoont, ofwel incompleet is, dan zal de <keuringsinstantie> dit vastleggen en melden aan de <producent>.

## 6.2. Eindinspectie

Zodra alle werkzaamheden aan de liggers zijn uitgevoerd en deze gereed zijn voor transport, wordt door de <keuringsinstantie> in aanwezigheid van de <constructeur> een visuele eindinspectie uitgevoerd van de liggers (controle F uit het flowschema). Hierbij wordt gecontroleerd of de liggers vrij zijn van gebreken en zijn uitgevoerd conform de opgestelde eisen uit het ontwerp en de relevante werkplannen.

Wanneer bij deze inspectie schades of gebreken worden waargenomen, dan wordt dit vastgelegd in het inspectieverslag en wordt in dit verslag vermeld (a) of deze schade acceptabel is en indien dit niet het geval is (b) welke vervolgactie moet worden genomen om deze gebreken te herstellen.

## 6.3. Verklaring

Worden de liggers door de <keuringsinstantie> goed bevonden en resteren er geen openstaande afwijkingen uit eerdere controles (dossiercontroles, controles op het werk en materiaalkundig onderzoek, dan zal de <keuringsinstantie> aan de <producent> een kwaliteitsverklaring verstrekken waaruit blijkt dat de betreffende liggers zijn goedgekeurd voor hergebruik in de beoogde toepassing.

## 6.4. Procedure bij afwijkingen

Er zal geen kwaliteitsverklaring worden verstrekt wanneer er afwijkingen resteren, tenzij de <producent> kan aantonen dat deze afwijkingen geen negatief effect hebben op de kwaliteit van de verwerkte liggers.

Hiertoe dient de <producent> de afwijkingen te hebben vastgelegd in het opleverdossier, en te hebben vermeld welke corrigerende maatregelen zijn genomen. Deze stukken worden voorgelegd aan de <keuringsinstantie> ter goedkeuring. Wanneer de <keuringsinstantie> oordeelt dat met de corrigerende maatregelen een gelijkwaardig eindresultaat wordt verkregen, dan zal deze alsnog een kwaliteitsverklaring verstrekken, met een vermelding van de betreffende afwijkingen.

## 7. Kwalificaties van controlerende partijen

Drie partijen voeren tijdens projecten die worden uitgevoerd conform dit protocol controles uit om te waarborgen dat de bijbehorende procedures correct worden gevolgd:

- Constructeur;
- Onderzoekslaboratorium;
- Keuringsinstantie.

Deze partijen dienen aantoonbaar bekwaam te zijn om deze controles te kunnen uitvoeren. Voor de controlerende partijen gelden daarom de volgende kwalificatie-eisen.

### 7.1. Constructeur

De constructeur die bij het project is betrokken dient een universitaire titel te hebben in het veld van structural engineering / concrete structures<sup>11</sup> en minimaal 5 jaar relevante werkervaring te hebben, d.w.z. op het gebied van constructief beoordelen van bestaande betonnen (prefab) voorgespannen bruggen/viaducten. Dit niveau is gelijkwaardig aan een constructeur die is opgenomen in het Constructeursregister.

### 7.2. Onderzoekslaboratorium

<Onderzoekslaboratoria> die zijn geselecteerd voor het uitvoeren van de materiaaltesten en/of de duurzaamheidstesten, dienen te zijn geaccrediteerd op basis van de norm ISO 17025 en aantoonbaar 5 jaar werkervaring hebben met het uitvoeren van de materiaalkundige beproevingen op (wapenings)staal en beton, zoals vermeld onder § 2.3. van dit protocol.

De proeven dienen te worden uitgevoerd door laboratoriummedewerkers die voor deze specifieke verrichtingen aantoonbaar zijn gekwalificeerd.

### 7.3. Keuringsinstantie

SGS INTRON is aangewezen als de <keuringsinstantie> die beoordeelt of werkzaamheden volgens het voorliggende protocol worden uitgevoerd en een kwaliteitsverklaring afgeeft indien verwerkte liggers goed zijn bevonden.

SGS INTRON is een onderzoeksbureau met een uitgebreide ervaring op het gebied van het beoordelen van al dan niet voorgespannen betonnen constructies, het onderzoeken van betonschades en bepalen van onderhoudscondities van constructies.

De voor het voorliggende protocol benodigde controles worden uitgevoerd, door SGS INTRON medewerkers met afgeronde universitaire technische opleidingen in relevante werkveld, te weten op het gebied van materiaalkunde of civiele techniek.

Wanneer dit voor een project is gewenst, dan zal SGS INTRON deze ervaring onderbouwen en beschikbaar stellen aan relevante stakeholders.

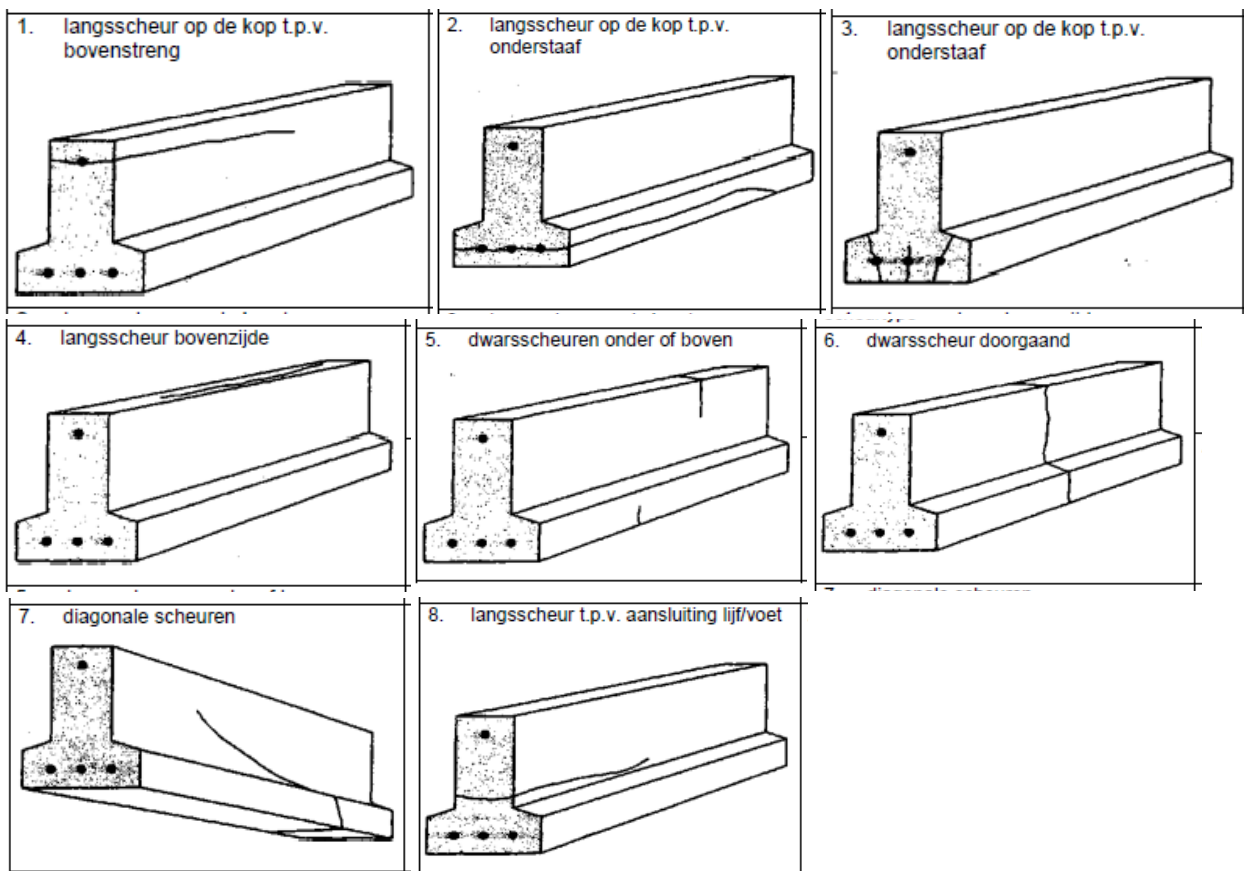
---

<sup>11</sup> Dit betreft een universitaire graad van een Technische universiteit, op het betreffende vakgebied (in NL: TU Delft).

## Bijlage A. Beoordeling scheurtypes (bron: Criteria 73/07)

In Criteria 73/03: "Eisen te stellen aan de interne kwaliteitsbewaking en het kwaliteitssysteem voor een kwaliteitsverklaring voor geprefabriceerde constructieve betonelementen" zijn tabellen opgenomen voor het beoordelen van scheuren in diverse elementen.

De scheurtypes uit tabel 5 van dit document is in deze bijlage weergegeven. Deze tabel heeft betrekking op elementen van combinatievloeren, maar kan ook worden toegepast als leidraad bij het benoemen van scheuren in hergebruikte liggers.



## Bijlage B. Aanbevolen maximale scheurwijdtes, cf. Eurocode 2

In de Nationale Bijlage bij NEN-EN 1992 1-1+C2/NB (Eurocode 2, deel 1-1) is het volgende gesteld over de aanbevolen maximale scheurwijdtes, vastgesteld per milieuklasse.

7.3.1 *Algemene beschouwingen (5) De grenswaarde  $w_{max}$  voor de berekende scheurwijdte of de daarvan afgeleide grootheid  $\Delta\sigma_p$  moet aan de geamendeerde tabel 7.1N zijn ontleend, welke tabel dan als volgt moet zijn gelezen (normatief):*

Tabel 7.1N - Aanbevolen waarden van  $w_{max}$  en daarvan afgeleide grootheden

Milieuklasse	Elementen met betonstaal en/of voorspanstaal zonder aanhechting	Elementen met een combinatie van betonstaal en voorspanstaal met aanhechting	Elementen met uitsluitend voorspanstaal met aanhechting
	Frequente belastingscombinatie	Frequente belastingscombinatie	Frequente belastingscombinatie
X0, XC1	$w_{max} \leq 0,4 \text{ mm}^a$	$w_{max} \leq 0,3 \text{ mm}$	$\Delta\sigma_p \leq \xi 275 \text{ N/mm}^2$
XC2, XC3, XC4	$w_{max} \leq 0,3 \text{ mm}$	$w_{max} \leq 0,2 \text{ mm}$	$\Delta\sigma_p \leq \xi 175 \text{ N/mm}^2$
XD1, XD2, XD3, XS1, XS2, XS3	$w_{max} \leq 0,2 \text{ mm}$	$w_{max} \leq 0,1 \text{ mm}$	$\Delta\sigma_p \leq \xi 75 \text{ N/mm}^2$

<sup>a</sup> Voor milieuklasse X0 en XC1 heeft de scheurwijdte geen invloed op de duurzaamheid; deze grens is gesteld om een in het algemeen aanvaardbaar uiterlijk te verkrijgen. Bij afwezigheid van voorwaarden ten aanzien van het uiterlijk mag deze beperking zijn afgezwakt.

Ingeval scheurwijdtes zijn berekend in overeenstemming met 7.3.3 of 7.3.4 voor de bepaling van de duurzaamheid, mogen de waarden in tabel 7.1N zijn vermenigvuldigd met een factor  $k_x$ :

$$K_x = \frac{C_{toegepast}}{C_{nom}} \leq 2$$

waarin:

$C_{toegepast}$  is de toegepaste betondekking ( $C_{toegepast} \geq C_{nom}$ );

$C_{nom}$  is de vereiste nominale betondekking.



[WWW.SGS.COM/INTRON](http://WWW.SGS.COM/INTRON)

## OVER SGS

Wij zijn SGS - 's werelds grootste test-, inspectie- en certificeringsbedrijf. Wij worden erkend als de wereldwijde benchmark voor kwaliteit en integriteit. Onze 96.000 medewerkers opereren in een netwerk van 2.600 kantoren en laboratoria en werken samen aan een betere, veiligere en meer verbonden wereld.

### **SGS INTRON B.V.**

**Dr. Nolenslaan 126  
P.O. Box 5187**

NL-6130 PD Sittard  
+31 (0)88 214 52 04

### **SGS INTRON B.V.**

**Venusstraat 2  
P.O. Box 267**

NL-4100 AG Culemborg  
+31 (0)88 214 51 00

### **SGS NETHERLANDS**

**Malledijk 18  
P.O. Box 200**

NL-3200 AE Spijkenisse  
+31 (0)88 214 33 33

### **SGS BELGIUM**

**SGS House  
Noorderlaan 87**

B-2030 Antwerpen  
+32 (0)3 545 44 00